

51585

Beiträge
zur
Physiologie der Herzbewegung
beim Frosche.

Eine
mit Bewilligung der Hochverordneten Medicinischen Facultät

der Kaiserlichen Universität zu Dorpat

zur Erlangung des

Doctorgrades

verfasste und zur öffentlichen Vertheidigung bestimmte

A b h a n d l u n g

von

Carl Gregory.

Dorpat.

Druck von C. Mattiesen.

1865.

Imprimatur
haec dissertatio ea lege, ut, simulac typis fuerit excusa, numerus exemplorum praescriptus tradatur collegio ad libros explorandos constituto.

Dorpati Livonor. d. 1. m. Novembr. a. MDCCCLXV.

Nº 338.
(L. S.)

Dr. Rud. Buchheim,
med. ord. h. t. Decanus.

D 22470

Seiner geliebten Mutter

dankbaren Herzens

der Sohn.

In dem XXVI Bande des von *Virchow* herausgegebenen Archivs hat *Goltz* seine Entdeckung einer durch mechanische Reizung sensibler Eingeweidenerven auf reflectorischem Wege hervorgerufenen Lähmung des Froschherzens, den „Klopfversuch“, veröffentlicht. Auf Anregung von Prof. Dr. *Bidder* unternahm ich es, mich mit diesem Gegenstande zu beschäftigen, und traf dabei bald auf die von *Goltz* nicht weiter erörterte Frage, ob durch directe Reizung des Grenzstranges des Sympathicus Reflexlähmung des Froschherzens hervorgerufen werden könne, oder nicht. Indem ich mich anschickte auf experimentellem Wege eine Antwort hierauf zu suchen, veröffentlichte *Bernstein* seine sowohl an Fröschen, als auch an Kaninchen angestellten Versuche, die diese Frage völlig entschieden. Ich sah mich hierdurch veranlasst von meiner anfänglichen Absicht abzustehen, und mich den für die Physiologie des Herzens nicht minder wichtigen Ligaturversuchen von *Stannius* zuzuwenden, zu deren Controle mir eine anatomisch-microscopische Untersuchung der Herznerven des Frosches unerlässlich schien, und denen ich eine Reihe von Ligatur- und Durchschneidungsversuchen an den Hohlvenen des Frosches anschloss. Die auf den folgenden Blättern gegebenen Erörterungen zerfallen dem entsprechend in vier Abtheilun-

gen, die ihren inneren Zusammenhang in dem Bestreben finden, die Beziehungen der Nerven des Herzens zu den Actionen seiner Muskelmasse aus eigener Erfahrung kennen zu lernen.

Herrn Prof. Dr. *Fr. Bidder* sage ich für die mir bei meiner Arbeit auf das freundlichste gewährte Unterstützung meinen herzlichsten Dank.

I.

Klopfversuche nach Goltz.

Seit der für die Physiologie des Herzens wichtigen zunächst an Fröschen gemachten Entdeckung *Ed. Weber's*, dass nach Reizung der Vagi oder der medulla oblongata das Herz in der Diastole bis zu zwei Minuten in Stillstand versetzt werden kann, ist dieses Verhalten des Vagus zu den Herzbewegungen Gegenstand vielfacher Forschungen geworden.

In dieses Gebiet gehört auch die von *Goltz* ¹⁾ durch den sogenannten „Klopfversuch“ ermittelte Thatsache, dass Stillstand des Froschherzens auch nach mechanischer Reizung der Endigungen sensibler Eingeweidenerven eintritt. Dieser Herzstillstand ist von *Goltz* mit dem Namen „Reflexhemmung“ oder „Reflexlähmung“ des Herzens bezeichnet worden, weil derselbe durch eine auf dem Wege des Reflexes erzeugte Vaguserregung vermittelt wird.

Der Klopfversuch wird folgenderweise ausgeführt: Es wird zunächst einem Frosche, nachdem derselbe in der Rückenlage auf einem Brettchen befestigt worden ist, durch Entfernung des betreffenden Stückes der Brustwand, das Herz mit sorgfältiger Schonung des Herzbeutels blossgelegt. Hierauf klopft man dem Frosche mit einem Spatel oder einem anderen geeigneten Instrumente mit mässiger Intensität und einer Frequenz von ungefähr 140 Schlägen in der Minute gegen die

1) Vagus und Herz. *Virchow's Archiv* 1863. Bd. XXVI. p. 10.

Bauchdecken, ohne das Herz selbst zu treffen. Als bald sieht man, nach *Goltz*, die Herzschläge sich verlangsamen, bis das Herz endlich in der Diastole für einige Zeit stillsteht. Nach dem Stillstande soll, wenn man mit dem Klopfen aufgehört hat, das Herz zuerst langsamer und dann immer schneller pulsiren, so dass es nach einiger Zeit um ungefähr 5 Schläge in der Minute schneller pulsirt, als vor dem Beginn des Versuches.

Wie *Goltz* angiebt, sind diese Resultate des Klopfversuches ganz constant, wenn derselbe an Wasserfröschen angestellt wird; bei Benutzung von Landfröschen hingegen kommt es häufig nur zu einer Verlangsamung des Herzschlages.

Meine nur an Wasserfröschen angestellten Klopfversuche ergeben in Bezug auf den endlichen Eintritt des Herzstillstandes nicht so constante Resultate, wie *Goltz* sie gefunden hat, wohl aber ist stets, übereinstimmend mit *Goltz*, eine Verlangsamung des Herzschlages eingetreten.

Die Verlangsamung der Herzschläge zeigte sich als bald nach dem Beginne des Klopfens. Weiterhin jedoch stellten sich in den einzelnen Versuchen Verschiedenheiten heraus, indem einerseits die Zahl der Schläge, um welche die Herzbewegung überhaupt, innerhalb einer Zeiteinheit, sich verlangsamte, eine sehr verschiedene war, andererseits die Dauer der Reizung, durch welche das Herz auf das Minimum in der Zahl seiner Schläge gebracht wurde, bedeutend variirte.

Die grösste Verlangsamung bestand in einer Herabsetzung der Herzbewegung um 20 Schläge innerhalb 30 Secunden²⁾.

Eine solche Verlangsamung beobachtete ich zweimal, indem in einem Versuche die Herzschläge von 29 auf 9, in einem andern von 28 auf 8 sanken. Jedoch trat diese Verlangsamung im ersten Falle schon nach 5 Min. ein, im zweiten Falle aber erst nach Verlauf von 20 Min. Die geringste Ver-

2) Alle ferneren Zahlenangaben beziehen sich auf 30 Secunden als Zeiteinheit.

langsamung bestand in einem Sinken um 6 Schläge, nämlich von 28 auf 22. Sie trat nach 8 Min. ein.

Die Verlangsamung, welche in den übrigen Versuchen stattfand, liegt zwischen den angegebenen Grenzen; so fiel bei einem Versuche die Frequenz der Herzschläge um 18 nach Verlauf von 44 Min., in einem andern Versuche um 14 nach 18 Min. und wieder in einem andern um 10 Schläge nach 31 Minuten.

Ferner stellte sich heraus, dass die Herzcontractionen bei ihrer Verlangsamung zugleich an Energie abnahmen, was aus der weniger vollständigen Gestaltänderung und der geringeren Blässe des contrahirten Herzens zu entnehmen war; und dass überdiess, nachdem die Verlangsamung ihren Höhepunkt erreicht hatte, sie während fortgesetzten Klopfens nicht anhielt, sondern dass nach einiger Zeit wiederum eine Beschleunigung um einige Schläge eintrat, worauf eine abermalige Verlangsamung folgte; ein Verhalten der Herzbewegung, welches dem nach anhaltender Vagusreizung entspricht.

Von den Klopfversuchen, in denen das Herz zu einem Stillstande in Diastole gebracht wurde, will ich denjenigen ausführlicher beschreiben, bei welchem ich wiederholentlich Herzstillstand beobachtet habe.

Die Zahl der Herzschläge betrug vor dem Beginne des Klopfens 27.

Nach 12 Min. war eine Verlangsamung um 11 Schläge eingetreten.

Nach 22 Min. betrug die Verlangsamung 15 Schläge.

Nach 24 Min. stand das Herz 30 Sec. im Zustande der Diastole still.

Nach dem Herzstillstande, während das Klopfen ununterbrochen fort dauerte, betrug die Frequenz der Herzbewegungen 12, gleichwie bei fortgesetzter directer Vagusreizung das Herz dennoch nach einer gewissen Zeit, während welcher es geruht, wieder zu pulsiren beginnt.

Nach 8 Min. vom Herzstillstande an gerechnet, erfolgte abermals ein 42 Sec. andauernder Herzstillstand, worauf das Herz 13 Schläge machte.

Nach 2 Min., vom zweiten Herzstillstande an gerechnet, trat wiederum Herzstillstand ein, welcher 35 Sec. anhielt.

Hierauf schlug das Herz 11 Mal.

In diesem Versuche trat Herzstillstand zuerst nach 24 Min. ein. Nur einmal sah ich solchen Stillstand früher, und zwar nach 16 Min. sich einstellen und 42 Sec. andauern. Beim fortgesetzten Klopfen erfolgte in diesem Fall nach 10 Min. abermaliger Herzstillstand von 15 Sec. In einem anderen Falle trat aber erst nach 36 Min. Herzstillstand ein und dauerte nur 12 Sekunden.

Wurde das Klopfen eingestellt, so trat eine allmälige Beschleunigung und ein Steigen der Energie der Herzbewegungen ein, ohne dass jedoch die ursprüngliche Höhe erreicht, oder gar, wie *Goltz* ³⁾ angiebt, überschritten wurde.

Aus den angeführten Zahlen ist zu ersehen, dass sowohl die Dauer des Herzstillstandes, als auch die Zeit, welche vom Beginn der Reizung bis zu seinem Eintritt verstreicht, eine verschiedene ist. Die längste Dauer dieses Stillstandes betrug 42 Sec. Am frühesten trat er nach 16 Min., am spätesten nach 36 Min. ein.

Von *Goltz* wird weder in Bezug auf die Dauer des Herzstillstandes noch auf die Dauer der Einwirkung, welche denselben hervorruft, eine bestimmte Angabe gemacht. Er ⁴⁾ äussert sich hierüber nur ganz allgemein: „Als bald verlangsamt sich der Herzschlag, und fährt man mit den Hieben ununterbrochen fort, so steht endlich das Herz in der Diastole vollständig für einige Zeit still“. An einer anderen Stelle ⁵⁾ äussert sich *Goltz* dahin, dass die absolute Dauer des Stillstandes, den man auf

reflectorischem Wege erzielen kann, kaum etwas nachgiebt derjenigen, die man durch Reizung der Vagi bewirkt.

Ferner fand ich, dass der Frosch bald nach Beginn des Klopfens, mochte Verlangsamung oder Herzstillstand erfolgen, in einen erschlaferten betäubungsähnlichen Zustand gerieth. Dabei wurden die Athembewegungen unregelmässig und erfolgten nur in grösseren Pausen. *Goltz* sah sogar die Athembewegungen, als auch die willkürlichen Bewegungen ganz aufhören.

Um festzustellen, dass die Ergebnisse der Versuche, gleichviel ob Verlangsamung der Herzbewegung oder Herzstillstand, wirklich Folge des Klopfens, und nicht der stattgehabten Blosslegung des Herzens, oder der unvermeidlichen, wenn auch geringen Blutung, und der langen Pein der Versuchsthiere waren, dazu diente mir bei allen Versuchen ein zweiter Frosch, welchem, nachdem derselbe aufgespannt war, in gleicher Weise, wie dem zum Klopffersuche benutzten, das Herz blossgelegt wurde. Während nun beim ersteren Thier die angegebenen Veränderungen in der Herzbewegung eintraten, waren beim zweiten in derselben Zeit keine Veränderungen der Herzbewegung, oder höchstens eine Verlangsamung von ein bis zwei Schlägen wahrzunehmen.

Die wichtige Frage aber, worauf der nach dem Klopfen eintretende Herzstillstand oder die Verlangsamung zu beziehen sei, wurde dadurch entschieden, dass in einigen Versuchen nach eingetretenem Stillstande entweder die medulla oblongata zerstört, oder beide Vagi durchschnitten wurden, worauf durch ferneres Klopfen kein Herzstillstand mehr hervorgerufen werden konnte.

Ein Gleiches konnte von vornherein für die blossse Verlangsamung der Herzbewegungen angenommen werden, doch habe ich auch hiervon im Versuch mich überzeugt. Wurden nach Blosslegung des Herzens die medulla oblongata zerstört, oder die Vagi durchschnitten, so konnte Verlangsamung der Herzbewegungen durch Klopfen nicht mehr erzielt werden.

3) Ibid. p. 11.

4) Ibid. p. 11.

5) Ibid. p. 15.

Hieraus geht hervor, dass sowohl der nach dem Klopfen eintretende Herzstillstand, als auch die Verlangsamung der Herzbewegung nicht Folgen einer auf das Herz wirkenden mechanischen Erschütterung sind, wie bei den *Budge'schen*⁶⁾ Wurfversuchen, wo der Herzstillstand auch nach Zerstörung der medulla oblongata eintritt.

Ist es nun festgestellt, dass die Ergebnisse des Klopffversuches durch die Vagi vermittelt werden, so muss der Vorgang in der Weise gedacht werden, dass durch die Bauchdecken Endigungen sensibler Eingeweidenerven gereizt, und letztere in einen Erregungszustand versetzt werden, der zur medulla oblongata geleitet, und hier auf die Vagi übertragen wird.

Berücksichtigt man die Schwankungen in den Resultaten der Klopffversuche, so liegt die Frage nahe, auf welche Ursachen dieselben zu beziehen sind. Warum tritt bald nur Verlangsamung, bald Herzstillstand ein, und warum ist das Maass der Verlangsamung und die Dauer des Herzstillstandes so verschieden, und warum ist ferner die Zeit, welche bis zum Eintritt des schliesslichen Resultates verstreicht, in jedem Versuche eine andere?

Die Antwort auf diese Frage wird in den wechselnden Reizbarkeitsverhältnissen der verschiedenen hier convenirenden Nerven gesucht werden müssen. Denn centripetale Eingeweidenerven und centrifugale Vagusfasern, so wie in der medulla oblongata gelegenen Nervenzellen, welche wahrscheinlich die Uebertragung der Erregung von ersteren auf letztere vermitteln, endlich auch die im Herzen selbst gelegenen Bewegungscentra, Zellen die durch den Einfluss des Vagus alterirt werden sollen, — alle diese Instanzen, die die Erregung bei dem Klopffversuch zu durchlaufen hat, müssen auf den schliesslichen

6) Sympathischer Nerv, mit besonderer Rücksicht auf die Herzbewegung. *Wagner's Handwörterbuch* 1846. Bd. III. Abth. I. p. 413.

Erfolg desselben bestimmend einwirken. Dazu kommt, dass auch der erste Erreger, das Klopfen, nicht immer mit gleicher Stärke einwirkt. Indessen ist die jedesmalige Stärke des Klopfens für den endlichen Erfolg von geringer Bedeutung; dies lässt sich daraus ersehen, dass in den Versuchen, in welchen es bei der gewöhnlichen Stärke des Klopfens nicht zum Herzstillstande kam, dieser auch nicht eintrat, wenn die Intensität der Bauchhiebe gesteigert wurde. In diesen Fällen musste das Nichteintreten des Herzstillstandes auf eine herabgesetzte Erregbarkeit einer der bei dem Erfolge beteiligten Nervenprovinzen bezogen werden. Nur wenn die Intensität der Bauchhiebe beliebig gesteigert werden könnte, was aber nicht thunlich ist, weil alsdann die Leber und die Lungen sich aus der Oeffnung der Leibeswand herausdrängen und durch Verdeckung des Herzens die Beobachtung stören, müsste, auch bei geringer Erregbarkeit der in Frage kommenden Nerven, Herzstillstand eintreten. Je grösser somit die Erregbarkeit der Nerven, um so sicherer und schneller wird bei mittlerer Stärke der Bauchhiebe Herzstillstand resultiren, und um so länger wird die Dauer desselben sein. In gleicher Weise wird, je geringer die Erregbarkeit ist, die Verlangsamung der Herzbewegung um so geringer sein.

Die im Früheren angegebenen Zahlen bestätigen diese Annahme, indem der nach kürzester Zeit auftretende Herzstillstand auch von längster Dauer war. Wir hatten nach 16 Min. einen Herzstillstand von 42 Sec. Ebenso zeigte sich nach 5 Min. eine Verlangsamung um 20 Schläge.

Dass der innere Vorgang beim Klopffversuch in der angedeuteten Weise stattfindet, und dass derselbe als „Reflexhemmung“ aufzufassen ist, wird wesentlich dadurch unterstützt, dass sich nachweisen lässt, dass eine durch Klopfen oder Quetschen ausgeübte directe mechanische Reizung der Eingeweide dem Klopffversuche sehr entsprechende Resultate giebt.

Goltz bemerkt für seine hierauf bezüglichen am Magen

angestellten Klopfversuche, dass die Resultate derselben nicht so constante sind, wie nach den Bauchschlägen.

Dem entgegen habe ich, bei directer mechanischer Reizung der Eingeweide, namentlich des Magens, wenn dieselbe nicht durch Klopfen, was wegen der Kleinheit und Schlüpfrigkeit des Organs manches Unbequeme hat, sondern durch Kneifen mit einer Pincette ausgeübt wird, Herzstillstand häufiger als beim Klopfversuche eintreten sehen, und zwar sofort im Momente des Kneifens.

Etwas seltener als beim Magen tritt nach Kneifen des Mesenteriums Herzstillstand ein und noch seltener nach Kneifen des Darmes, so dass zuweilen bei einem und demselben Frosche nach Kneifen des Magens Herzstillstand eintritt, nach Kneifen des Darmes aber nicht.

Was die übrigen Eingeweide, wie Lungen, Leber, Nieren betrifft, so habe ich auch durch Kneifen dieser ein Paar Mal Herzstillstand hervorgerufen. Kneifen der Bauchhaut oder Bauchmuskulatur war durchaus erfolglos.

In den Fällen, in welchen es auf diesem Wege nicht zum Herzstillstand kam, trat Verlangsamung ein.

Nach Zerstörung der medulla oblongata, oder nach Durchschneidung beider Vagi konnte jedoch weder Herzstillstand noch Verlangsamung hervorgerufen werden.

Was die Dauer des auf diese Weise erzielten Herzstillstandes betrifft, so entspricht sie im Allgemeinen dem nach Bauchschlägen eintretenden.

Wie aber die Dauer des Herzstillstandes beim Klopfversuch keine gleiche war, so variirt sie auch bei solchem Kneifen der Eingeweide.

Beim Magen z. B. schwankte die Dauer zwischen 50 und 15 Sec., beim Mesenterium zwischen 35 und 10 Sec., beim Kneifen des Darmes zwischen 15 und 5 Sec. Für die übrigen dem Kneifen ausgesetzten Eingeweide betrug die Dauer des Herzstillstandes ungefähr 10 Sec.

Auch von dem durch directe mechanische Reizung verschiedener Eingeweide bedingten Herzstillstande lässt sich behaupten, dass er, je sicherer er eintritt, auch um so länger anhält. So betrug die längste Dauer des Herzstillstandes nach Reizung des Magens 50 Sec., beim Mesenterium 35 Sec., beim Darne nur 15 Sec., bei den übrigen Eingeweiden etwa 10 Sec.

Dass der Herzstillstand nach directer mechanischer Reizung der Eingeweide sofort, beim Klopfversuch dagegen erst nach längerer Zeit eintritt, hat seinen Grund wohl darin, dass im ersteren Falle die centripetalleitenden Eingeweidenerven direct getroffen werden, beim Klopfversuch aber mittelbar durch die Bauchdecken, in Folge dessen die zur Hervorbringung eines Herzstillstandes nothwendige Stärke der Erregung erst nach einiger Zeit erreicht wird.

Wenn es sich aber ferner nach directer mechanischer Reizung der Eingeweide herausstellte, dass bei einem und demselben Frosche nach Kneifen des Magens Herzstillstand eintrat, nach Kneifen des Darmes oder anderer Theile nicht, dass ferner, je sicherer nach Reizung eines Eingeweidens Herzstillstand eintrat, die Dauer desselben eine um so längere war, so weist dieses Verhalten wohl darauf hin, dass die Reflexbeziehungen zwischen den verschiedenen Eingeweiden verschieden sind.

Weil der in den angeführten Versuchen beobachtete Herzstillstand dadurch zu Stande kommt, dass centripetale Eingeweidenerven ihre Erregung zur medulla oblongata leiten und hier auf die Vaguscentra übertragen, so wird es höchst wahrscheinlich, dass durch Reizung des Grenzstranges des Sympathicus gleichfalls eine „Reflexhemmung“ des Herzens bewirkt werden kann. *Denn die Eingeweidenerven müssen in ihrem Verlauf zu den Vaguscentris voraussichtlich in den Grenzstrang des Sympathicus eintreten und durch die rami communicantes aus demselben in das Rückenmark übergehen.

Ob Reizung des Grenzstranges des Sympathicus den erwarteten Erfolg haben werde, oder nicht, davon mich zu über-

zeugen, hatte ich mir, nach Orientirung in dem von *Goltz* erschlossenen Gebiete von Experimenten an Fröschen, zur nächsten und vorzüglichsten Aufgabe gestellt. Zugleich sollten die Nervenbahnen, auf welchen die Erregung sensibler Eingeweidenerven zur medulla oblongata geführt wurde, näher bestimmt werden. Im Begriff mich mit obiger Frage zu beschäftigen, fand ich, dass durch eine grosse Reihe von Versuchen, welche *Bernstein*⁷⁾ angestellt hatte, die betreffende Frage soeben erledigt worden war, in Folge dessen ich von den anfänglich beabsichtigten Versuchen abstand. Indessen kann ich nicht umhin, die von *Bernstein* gewonnenen Resultate mit ein Paar Worten hier anzuschliessen.

Nach *Bernstein* wird sowohl durch mechanische, als durch electriche Reizung des Grenzstranges Herzstillstand hervorgerufen. Die Fasern, durch deren Erregung dies geschieht, werden vom sogenannten nervus mesentericus dem Grenzstrange zugeführt. In diesem verlaufen sie in dem oberhalb der Vereinigungsstelle der beiden Aorten gelegenen Theile und treten von hier in der Höhe vom sechsten bis zum dritten Wirbel in das Rückenmark.

Diese Fasern werden von *Bernstein* mit dem Namen „Reflexfasern“ des Vagus belegt und sie bezeichnen die Bahn, auf welcher die beim Klopversuch und bei directer mechanischer Reizung der Eingeweide gesetzte Erregung der centripetalen Eingeweidenerven zur medulla oblongata geleitet und auf die Vaguscentra übertragen wird.

Was für den Frosch Geltung hatte, konnte von *Bernstein* durch Versuche an Kaninchen auch für letztere nachgewiesen werden. Im Grenzstrange des Sympathicus beim Kaninchen sind gleichfalls „Reflexfasern“ des Vagus enthalten.

7) Untersuchungen über den Mechanismus des regulatorischen Nervensystems. *Reichert's und du Bois-Reymond's Archiv* 1864. Heft 5 u. 6.

II.

Ligaturversuche nach Stannius.

*Stannius*⁸⁾ hat in seiner Abhandlung „zwei Reihen physiologischer Versuche“ eine Aneinanderreihung merkwürdiger Thatsachen in Bezug auf die Bewegung des Froschherzens nach Umschnürung verschiedener Stellen desselben geliefert.

Unter denselben sind folgende die bemerkenswerthesten:

1. ⁹⁾ Wird genau diejenige Stelle unterbunden, wo der Hohlvenensinus in den rechten Vorhof mündet, so steht das ganze Herz in dem Zustande der Diastole anhaltend still. Nur die drei Hohlvenen und der Sinus ziehen sich selbstständig zusammen.

2. Wird einem kräftigen Frosche genau um die Querfurche des Herzens, also ganz hart um die Grenze des Ventrikels, eine Ligatur gelegt, so bleiben beide von einander abgeschnürte Hälften des Herzens in rhythmischen Contractionen begriffen. Die Zusammenziehungen beider sind aber weder gleichzeitig noch gleichzählig; gewöhnlich kommen nämlich 2—3 Zusammenziehungen der Vorhöfe und der mit ihnen in ungestörter Communication stehenden Hohlvenen auf eine Contraction des Ventrikels.

3. ¹⁰⁾ Legt man nach Anstellung des unter 1. beschriebenen Versuches, dessen Resultat Stillstand des ganzen Herzens ist,

8) *Müller's Archiv* 1852. p. 85.

9) *Ibid.* p. 87.

10) *Ibid.* p. 88.

eine Ligatur um die Grenze zwischen Kammer und Vorhöfen, welche zugleich den bulbus arteriosus mit umschnürt, so zieht sich der Ventrikel rhythmisch lange Zeit hindurch zusammen, während die Vorhöfe in Ruhe verharren.

Wie diese Thatsachen zu deuten wären, lässt *Stannius* dahingestellt sein. Er¹¹⁾ äussert sich am Schlusse seiner Abhandlung: „So sehr diese Thatsachen, in Verbindung mit dem übrigen hier mitgetheilten, auf die Existenz zweier nervöser Centralorgane hinzuweisen scheinen, so wahrscheinlich es immer wird, dass diese Centralorgane selbst ganz verschiedener Natur sind, indem das eine die Contraction zu hemmen, das andere zu fördern scheint, so dürfte doch für jetzt eine genügende Deutung derselben schwer zu geben sein.“

Nach *Stannius* wurde der angeregte Gegenstand behufs Studien über die Herzbewegung von Mehreren wieder aufgenommen.

Die nicht immer in Uebereinstimmung stehenden von verschiedenen Beobachtern hierbei gewonnenen Resultate führten auch zu verschiedenen Deutungen der Wirkungsweise der Ligatur auf die Herzsubstanz, und zu verschiedenen Auffassungen über die Beziehung der im Herzen enthaltenen Ganglien zu den rhythmischen Bewegungen desselben.

Wie bei den Ligaturversuchen von *Stannius* selbst, so vermisst man indessen auch bei den gleichen Versuchen der späteren Beobachter eine nachfolgende anatomisch-microscopische Untersuchung, durch welche nicht nur die wirkliche Lage der Ligatur, sondern auch die Beziehungen der durch sie von einander getrennten Herztheile zu den dem Herzen angehörenden Nervelementen genau bestimmt wurden.

Es erschien daher wünschenswerth, bei Wiederaufnahme der *Stannius'schen* Versuche diese Lücke in den bisherigen Untersuchungen auszufüllen.

11) Ibid. p. 92.

Bevor ich aber zur Darstellung der von mir gewonnenen Erfahrungen übergehe, will ich in Kürze einige anatomische Eigenthümlichkeiten des Froschherzens erwähnen, so weit solche bei diesen Versuchen in Betracht kommen.

Ueber manche anatomische Verhältnisse des Froschherzens giebt weniger das frische als das aufgeblasene¹²⁾ Froschherz erwünschten Aufschluss. Namentlich deutlich treten bei letzterem die Vorhöfe und die Hohlvenen hervor, während der Ventrikel seiner dickeren Wandungen wegen, wenig ausgedehnt wird. Erstere sind uns aber namentlich von Bedeutung.

Das Froschherz hat bekanntlich zwei Vorhöfe, aber nur eine Kammer. Die Trennung der Vorhöfe von der Kammer ist äusserlich durch eine deutlich ausgeprägte Furche bezeichnet, die sogenannte Atrioventriculargrenze. Die Grenze beider Vorhöfe ist an einem frischen Froschherzen kaum wahrnehmbar; wird aber das Froschherz aufgeblasen, so wird sie durch einen ziemlich scharfen Einschnitt bezeichnet, und es lässt sich nun nicht verkennen, dass der Umfang beider Vorhöfe ein sehr verschiedener ist, indem der rechte Vorhof den linken bedeutend überwiegt. Von den Vorhöfen trennt sich an ihrer hinteren Wand eine kartenherzförmige Ausbuchtung, der sogenannte Hohlvenensinus ab, welcher durch den Zusammenfluss dreier Hohlvenen gebildet wird. An der unteren Spitze dieser

12) Das Aufblasen geschah in der Weise, dass, nachdem eine oder beide Aorten durchschnitten worden waren, um das Herz blutleer zu machen, successiv an dem peripherischen Theile der Hohlvenen Ligaturen angelegt und die Hohlvenen jenseits der Ligaturen, zur Peripherie hin, durchschnitten wurden. Jetzt folgte die Abtrennung des Herzens, wobei man auf den gemeinschaftlichen Stamm beider Pulmonalvenen stiess, welcher gleichfalls unterbunden und durchschnitten wurde. War die Abtrennung des Herzens beendet und das Herz aus dem Körper entfernt, so unterbanden wir die eine durchschnittene Aorta, in die andere aber wurde eine Canule geführt und durch eine Schlinge befestigt. Hierauf wurde durch die Canule Luft eingeblasen, und sobald das Herz gehörig ausgedehnt war, wurde die Canule entfernt und die Schlinge schnell zugezogen, um das Entweichen der Luft zu verhindern.

Ausbuchtung mündet nämlich die untere Hohlvene, an den beiden oberen Ecken dagegen die rechte und die linke Hohlvene. Diese drei Hohlvenen stehen beim aufgeblasenen Herzen, da sie unterbunden wurden, kegelförmigen Zapfen gleich, vom Herzen ab. Zwischen der rechten und linken Hohlvene, am oberen Rande des Sinus, findet sich die Einmündungsstelle des gemeinschaftlichen Stammes beider Pulmonalvenen. Eine Abgrenzung des Sinus vom Vorhof ist beim frischen Herzen nur durch eine dunkel bläuliche Färbung desselben, gegenüber der röthlichen der Vorhöfe, wahrzunehmen; sie beruht auf dem Durchschimmern des Blutes durch die dünneren Wandungen des Sinus. Letztere sind bei dem Aufblasen besonders durchsichtig, und bei solcher Dünnhheit leisten sie der eingeblasenen Luft geringeren Widerstand, woher der Sinus beim aufgeblasenen Herzen verhältnissmässig zu gross erscheint. Dass der Unterschied zwischen dem Umfange des rechten und linken Vorhofes nicht ebenfalls auf eine verschiedene Ausdehnbarkeit derselben zu beziehen ist, lehrt das Fehlen jedes Unterschiedes in der Durchsichtigkeit und Dicke der Wandungen beider. Der grössere Umfang des rechten Vorhofes folgt vielmehr daraus, dass ihm durch die drei Hohlvenen bedeutend mehr Blut zugeführt wird, als dem linken Vorhof durch den weit schwächeren Stamm beider Pulmonalvenen.

Soll nun genau an der Sinusgrenze eine Ligatur angelegt werden, so ergeben sich aus der Form des Sinus und der versteckten, unzugänglichen Lage desselben augenscheinlich manche Schwierigkeiten, welche noch gesteigert werden durch den geringen Umfang nicht nur des Sinus sondern des ganzen Froschherzens, und durch die ununterbrochenen Contractionen, welche Form und Lageveränderungen des Herzens zur Folge haben. Daher schien es mir zur richtigen Beurtheilung der Wirkungen der Ligaturen überhaupt unerlässlich, den bezüglichen Experimenten jedes Mal eine Untersuchung der wirklichen Lage der Ligatur folgen zu lassen.

Die beim aufgeblasenen Froschherzen äusserlich durch einen Einschnitt bezeichnete Trennung der beiden Vorhöfe von einander findet sich nach Eröffnung des linken Vorhofs durch eine Scheidewand bewerkstelligt, welche gegen die Kammer mit einem freien Rande aufhört, der mit seinem vorderen und hinteren Ende sich in die Kammersubstanz einsenkt. Hierdurch wird die Kammeröffnung, welche von einem klappenartigen Ringe umgeben erscheint, in zwei ungleiche Theile getheilt, deren weiterer zum rechten Vorhof, der engere zum linken Vorhof führt.

Auf der Scheidewand der Vorhöfe sieht man, selbst mit blossen Auge, sowohl beim frischen, als aufgeblasenen Herzen zwei Nervenstämme verlaufen, den vorderen und hinteren Scheidewandnerven, und was ich im Verlaufe meiner Experimente in Bezug auf die Herznerven des Frosches gefunden habe, stimmt im Wesentlichsten mit den Resultaten der früheren hierüber von *Ludwig*¹³⁾ und *Bidder*¹⁴⁾ angestellten Untersuchungen überein.

Die beiden Herzäste des Vagus, die einzigen von aussen dem Herzen zukommenden Nerven, treten, dem Laufe der oberen Hohlvenen folgend, unter dem gemeinschaftlichen Stamme beider Pulmonalvenen dicht an einander heran, und senken sich in das Herz ein. Oberhalb der Mitte des hinteren Randes der Scheidewand bilden sie einen Plexus, indem ein Faseraustausch in der Art stattfindet, dass ein Theil, und zwar der geringere des linken Herzastes zum rechten, ein Theil des rechten, und zwar der grössere Theil zum linken hinübertritt. In diesem Plexus liegt stets eine grosse Menge von Ganglienzellen, welche theils zwischen den Nervenfasern eingelagert sind, meist aber den Nervenstämmen seitlich anliegen. Sie treten immer mehr weniger als eine zusammenhängende

13) Ueber die Herznerven des Frosches. *Müller's Archiv* 1848.

14) Ueber functionell verschiedene und räumlich getrennte Nerven-centra im Froschherzen. *Müller's Archiv* 1852.

Masse auf, was ich im Gegensatz zu *Ludwig's*¹⁵⁾ Angabe, dass nie die Ganglienmassen beider Hälften zu einem einzigen sich berührenden Centralorgan verschmelzen, betonen muss.

Dieses „grosse Ganglion“, wie ich es im Folgenden bezeichnen will, während *Eckhard*¹⁶⁾ es die für die Herzbewegung „bedeutsame Stelle“ nennt, entsendet hauptsächlich zwei Nervenstämme, von welchen der eine, mit blossen Auge sichtbar, am hinteren Rande der Scheidewand gerade gegen den Ventrikelrand herabzieht, der andere aber, einen nach vorn convexen Bogen bildend, und näher zum vorderen Rande des Septums gelegen, zum Ventrikelrande sich biegt. An dem oberen Theile der Scheidewand sind keine Nerven wahrnehmbar.

Aus dem Verlaufe der Scheidewandnerven geht hervor, dass der vordere länger sein muss als der hintere, dagegen ist dieser stärker als der erstere. Dieses Verhalten ist ganz constant.

Beide Scheidewandnerven treten am Ventrikelrande an ein Paar kleiner Knötchen, welche durch ihre graulich-weiße Färbung von dem röthlichen Herzmuskel unterschieden sind.

Das grosse Ganglion, die Scheidewand mit den beiden Scheidewandnerven und die am Ventrikelrande liegenden graulich-weißen Knötchen können zusammen herausgeschnitten, auf dem Objectglase gehörig ausgebreitet, und mit Essigsäure geklärt werden. Ein solches Präparat bietet unter dem Mikroskop zunächst eine Bestätigung des mit dem blossen Auge oder der Lupe Gesehenen dar. Dann aber zeigt sich, dass auch die beiden Scheidewandnerven fast in ihrem ganzen Verlauf mit Ganglienzellen besetzt sind, welche bald gruppenweise an einer Stelle der Nerven zusammengehäuft sind, bald vereinzelt am Rande derselben sich befinden, oder zwischen den Nervenfasern durchschimmern. Diese stellenweise Zusammen-

häufung von Nervenzellen erreicht aber nie den Umfang der an dem Plexus gelegenen Ganglienmasse.

Die am Ventrikelrande gelegenen graulich-weißen Knötchen weisen sich unter dem Mikroskop ebenfalls als eine beträchtliche Zusammenhäufung von Ganglienzellen aus, die von *Bidder* sogenannten Atrioventricularganglien. Von diesen treten zahlreiche Nerven in die Substanz des Ventrikels ein, welche sich aber nur eine kurze Strecke verfolgen lassen.

Hervorgehoben zu werden verdient, dass vom vorderen Scheidewandnerven stets bald mehrere, bald nur einzelne, bald beträchtlichere, bald nur aus wenigen Primitivfasern bestehende Aeste abgehen, welche, namentlich zum rechten Vorhof hinziehend, in ihrem Verlauf nach verschiedenen Richtungen Zweige absenden, und nicht nur dort, wo sie vom vorderen Scheidewandnerven abtreten, sondern auch in ihrem weiteren Verlauf mit Ganglienzellen versehen sind, die gleichfalls bald gruppenweise, bald vereinzelt, meist seitlich am Nerven, selten zwischen den Nervenfasern liegen. Häufig konnte man beobachten, dass von der Stelle, wo ein solcher Ast eine Gruppe von Ganglienzellen besass, Zweige nach verschiedenen Richtungen ausstrahlten.

Von dem hinteren Scheidewandnerven scheint gewöhnlich nur ein starker Ast nicht weit oberhalb des Atrioventricularganglions zu den Wandungen des linken Vorhofs abzugehen. An diesem Aste zeigen sich keine Ganglienzellen. Dagegen liess sich manchmal ein schon unmittelbar unter dem grossen Ganglion abgehendes Nervenbündelchen mit wenigen Ganglienzellen, das zum linken Vorhof hin sich abzweigete, wahrnehmen.

Höchst selten trat aus dem grossen Ganglion, ausser den beiden Scheidewandnerven, ein anderer Nerv hervor. Es war dann ein schwaches, mit spärlichen Ganglienzellen versehenes, zum linken Vorhof hinziehendes Nervenbündel.

Neben Präparaten, in denen sich übersichtlich das ganze System der Herznerven im Zusammenhange darbot, habe ich

15) Ibid. p. 140.

16) Ein Beitrag zur Theorie der Ursachen der Herzbewegung. Beiträge zur Anatomie und Physiologie. Heft II. Giessen 1858.

häufig auch nur einzelne Theile, wie das grosse Ganglion, oder die Scheidewandnerven, oder die Atrioventricularganglien sowohl von frischen als aufgeblasenen Froschherzen unter das Mikroskop gebracht. Nicht minder häufig durchforschte ich die Wandungen der Vorhöfe und des Sinus auf Nervelemente, zu denen, wie angeführt, die Aeste der Scheidewandnerven hinzogen. Hier konnten wir häufig bald stärkere, bald schwächere Nerven verlaufen sehen, an welchen Nervenzellen vorhanden waren. Vergleichungsweise zeigte der Sinus den grössten Reichthum an Nervelementen, weniger der rechte Vorhof. Am linken Vorhof dagegen zeigten sich nur spärliche Nervelemente, ja zuweilen war in den Präparaten Nichts davon zu sehen.

Berücksichtigen wir die Stärke der Scheidewandnerven und die Menge der in den Wandungen der Vorhöfe beobachteten Nerven, so ist nicht zu zweifeln, dass das Froschherz seine Nerven nicht nur von aussen durch die verhältnissmässig wenig beträchtlichen Herzäste des Vagus zugeführt erhält, sondern dass im Herzen selbst eine grosse Zahl von Nervenfasern von den im Herzen enthaltenen Ganglienzellen ihren Ursprung nehmen muss.

Ueber das Verhalten der ins Herz eintretenden Nervenfasern zu den Ganglienzellen desselben habe ich keine eigenen Erfahrungen gemacht. Wenn aber nach den Untersuchungen von Kölliker¹⁷⁾ in den Herzganglien nur unipolare Zellen enthalten sein, und die Vagusäste des Herzens keinerlei Verbindung mit den Ganglienzellen des Herzens eingehen sollen, die Physiologie daher auch jene Theorien gänzlich zu verlassen habe, welche den Vagusfasern einen unmittelbaren Einfluss auf die Ganglien des Herzens zuschreiben, so werden Zweifel an der Endgültigkeit dieser Angaben nicht unterdrückt werden können, so lange sie mit physiologischen Thatsachen nicht in Einklang stehen.

17) Handbuch der Gewebelehre. 1863. p. 585.

Nach dieser Auseinandersetzung der anatomischen Verhältnisse des Froschherzens gehe ich zur Darstellung der von mir angestellten Ligaturversuche über.

A. Ligaturen an der Sinusgrenze.

Die Anlegung von Ligaturen geschah in der Weise, dass ein feiner gewichster Seidenfaden unter die Herzspitze gebracht, zur Einmündungsstelle der unteren Hohlvene in den Sinus hinaufgeschoben, darauf vermittelt einer Nadel unter den beiden Aortenbögen durchgeführt und so genau wie möglich an der Sinusgrenze zusammengeknüpft wurde.

Die Erscheinungen am Herzen nach Anlegung einer solchen Ligatur waren folgende:

1. Zunächst beobachteten wir eine oder einige Contractionen der Vorhöfe und des Ventrikels;

| | in einzelnen Experimenten | | | | | | | | |
|--|---------------------------|----|----|---|----|---|----|--|------------------------------------|
| darauf Stillstand derselben von . . . | 22 | 20 | 17 | 2 | 10 | 6 | 11 | | Min. |
| hierauf Pulsationen mit einer Frequenz von | 4 | 5 | 4 | 8 | 3 | 6 | 4 | | Schlägen in 30 Sec. ¹⁸⁾ |

Die vom Sinus abgeschnürten Vorhöfe nebst Kammer zogen sich also zunächst ein oder einige Mal zusammen und verfielen darauf in Ruhe, welche aber keine dauernde war, indem bald früher bald später wieder Pulsationen eintraten, aber von äusserst herabgesetzter Frequenz und Energie.

2. Der Sinus mit den drei Hohlvenen pulsirte ununterbrochen und mit unveränderter Frequenz und Energie fort.

3. Die nach dem Stillstande der Vorhöfe und des Ventrikels wieder auftretenden Pulsationen derselben erloschen weit früher, als die Pulsationen des Sinus und der Hohlvenen.

18) Alle Zahlenangaben in Betreff der Frequenz der Herzcontractionen beziehen sich auf 30 Sec. als Zeiteinheit.

4. Wurden während der Ruhe die Vorhöfe oder der Ventrikel einem örtlichen mechanischen Reiz unterworfen, so erfolgte jedesmal eine Contraction beider, sowohl der Vorhöfe, als des Ventrikels.

5. Wurden beide Vagi mit einem Inductionsapparat gereizt, so erfolgte ein ungefähr 1 Min. dauernder Stillstand des Sinus und der Hohlvenen. Auf die abgeschnürten Herztheile hatte die Vagusreizung keine Einwirkung.

Hatten wir die Beobachtung der Erscheinungen nach Anlegung einer Ligatur an der Sinusgrenze abgeschlossen, so suchten wir anatomisch zu ermitteln, an welcher Stelle des Herzens die Ligatur thatsächlich gelegen hatte, und welche von den im Herzen enthaltenen Ganglien auf jeder Seite der Ligatur sich fanden. Es ergab sich Folgendes:

6. Wir hatten trotz der Bemühung die Ligatur genau an der Sinusgrenze anzulegen, dennoch stets bald einen grösseren bald einen kleineren Theil der Vorhöfe mit in die Ligatur gezogen, so dass ein Theil der Vorhöfe mit dem Sinus in Zusammenhang verblieben war.

7. Das grosse Ganglion war stets oberhalb der Ligatur, also an dem mit dem Sinus im Zusammenhange gebliebenen Vorhofstheile gelegen.

8. Mit dem grossen Ganglion war bald ein nur geringer bald ein etwas beträchtlicherer Theil der beiden Scheidewandnerven nebst entsprechenden Ganglienzellen in Verbindung geblieben.

9. Nach Ausschneidung des grossen Ganglions pulsirten die oberhalb der Ligatur gelegenen Herztheile, der Sinus, ein Theil der Vorhöfe und die Hohlvenen zwar fort, aber die Contractionen hörten früher auf, als wenn das Ganglion intact gelassen worden war.

10. Wurde der linke Vorhof eröffnet und entfernte man hiernach die beiden Scheidewandnerven und die Atrioventricularganglien, so pulsirten die Vorhöfe und der Ventrikel den-

noch fort, aber die Pulsationen erloschen früher, als an dem intacten Herzen.

Wir halten uns nach dem Vorstehenden zu der Behauptung berechtigt, dass, obgleich *Stannius* und spätere denselben Gegenstand behandelnde Beobachter¹⁹⁾ von einer Ligatur genau an der Sinusgrenze sprechen, es ganz unmöglich ist, eine solche Ligatur anzulegen, dass vielmehr immer ganz unvermeidlich ein Theil der Vorhöfe und die Hauptganglienmasse mit dem Sinus in Verbindung bleiben.

Mit den von uns nach Anlegung einer sogenannten Ligatur an der Sinusgrenze beobachteten Erscheinungen stimmen die von *Heidenhain*²⁰⁾ und *Bezold*²¹⁾ gefundenen Resultate überein, während die von *Stannius* und *Eckhard* gemachten Beobachtungen abweichen. *Stannius*²²⁾ sagt: „Wird genau diejenige Stelle unterbunden, wo der Hohlvenensinus in den rechten Vorhof mündet, so steht das ganze Herz in dem Zustande der Diastole anhaltend still.“

*Eckhard*²³⁾ bemerkt: „Aus den Versuchen von *Stannius*, die ich bestätigen kann, ergibt sich, dass Vorhöfe und Ventrikel sich zur Ruhe verfügen, sobald nur ein Schnitt genau an der Uebergangsstelle des Venensinus in den rechten Vorhof, oder der Sicherheit halber ein wenig über jene hinaus geführt wird. Nach diesem Schnitte bleiben „wahrscheinlich“ eine ganze Menge von Ganglien in der Scheidewand der Vorhöfe unverletzt, und da das Herz nunmehr ruht, kann nicht die ge-

19) *Heidenhain*, Erörterungen über die Bewegung des Froschherzens. *Müller's Archiv* 1858. — *Eckhard*, Ein Beitrag zur Theorie der Ursachen der Herzbewegung. Beiträge zur Anatomie und Physiologie. Heft II. Gießen 1858. — *Bezold*, Zur Physiologie der Herzbewegungen. *Virchow's Archiv*. Bd. XIV. 1858. — *Goltz*, Ueber die Bedeutung der sogenannten automatischen Bewegungen des ausgeschnittenen Froschherzens. *Virchow's Archiv*. Bd. XXI. 1861.

20) *Ibid.* p. 485.

21) *Ibid.* p. 291.

22) *Ibid.* p. 87.

23) *Ibid.* p. 150.

sammte in der Scheidewand der Vorhöfe liegende Ganglienmasse als Erregungsorgan für die spontanen Herzbewegungen gelten. Es muss hiernach vielmehr als solches nur jener Theil beansprucht werden, welcher in der Nähe der bezeichneten für die Herzbewegung bedeutsamen Stelle liegt.“

Es ist wahrscheinlich, dass *Stannius* und *Eckhard* zu ihren Angaben dadurch gelangt sind, dass sie ihre Beobachtungen nicht lange genug fortgesetzt haben, woher ihnen die oft erst nach geraumer Zeit (22 Min.) wieder auftretenden Contractionen der unterhalb der Ligatur gelegenen Herztheile entgangen sind.

Weil aber von *Eckhard* der Stillstand als dauernder angenommen wurde, so schloss er, dass als Centralorgan für die rhythmischen Bewegungen des Herzens nur die grosse Ganglienmasse gelten könne, welche er eben daher die „bedeutsame Stelle“ nannte.

Der übrigen Menge von Ganglienzellen, welche unterhalb des Schnittes in der Scheidewand zurückbleiben, spricht er die Fähigkeit ab, Herzbewegungen zu vermitteln.

Weil wir aber nach einer Ligatur an der Sinusgrenze, nach einer gewissen Dauer des eingetretenen Stillstandes der Vorhöfe und des Ventrikels, diese ihre Contractionen ganz constant haben wieder aufnehmen und eine Zeit lang fortsetzen sehen, so können wir das grosse Ganglion nicht als ausschliessliches Centralorgan für die rhythmischen Herzbewegungen ansehen.

Dass diese Ganglienmasse nicht von grosser Bedeutung für die Bewegungen des Herzens sei, soll hiermit durchaus nicht gesagt sein; denn wir sehen, nach Ausschliessung ihrer Einwirkung auf gewisse Herztheile, die Bewegungen derselben an Frequenz und Energie auffallend abnehmen; nur behaupten wir, dass auch die an der Scheidewand der Vorhöfe nachgewiesenen Ganglien als Centralorgane für die rhythmischen Bewegungen angesehen werden müssen.

Entfernte ich, nachdem die unterhalb der Ligatur gelegenen Herztheile ihre Pulsationen wieder aufgenommen hatten, die Scheidewand, mit derselben also auch die Scheidewandnerven und die an denselben gelegenen Ganglienzellen und ferner die Atrioventricularganglien, so verfielen die Vorhöfe und der Ventrikel dennoch meistens nicht in dauernden Stillstand, sondern setzten ihre Contractionen mit sehr herabgesetzter Frequenz und Energie fort.

Demnach müssen auch die von mir in den Wandungen der Vorhöfe nachgewiesenen Ganglienzellen als mit automatischer Thätigkeit ausgerüstet angesehen werden.

Entfernte ich das oberhalb der Ligatur gelegene grosse Ganglion, so hörten die Pulsationen der oberhalb der Ligatur gelegenen Herztheile meist nicht auf, wurden aber weniger frequent und energisch. War das Ganglion vollständig entfernt, so mussten die fortgesetzten Bewegungen durch die in der Wandung des Sinus nachgewiesenen Ganglienzellen vermittelt werden.

Weil aber bei der Ausschneidung des Ganglions aus der Herzsubstanz möglicherweise doch ein Rest desselben zurückbleiben konnte, so wollte ich durch Umschnürung nur eines Theiles des Sinus das grosse Ganglion mit Sicherheit von diesem Theile scheiden, und dann das Verhalten desselben beobachten.

B. Ligaturen an dem Sinus selbst.

Die Ligatur wurde in der Art angelegt, dass vom linken Rande der unteren Hohlvene zum linken Rande der rechten oberen Hohlvene eine Nadel mit einem Seidenfaden an der hinteren Fläche des Herzens durchgeführt und durch eine feste Schlinge, die an dem rechten Rande des Herzens zu liegen kam, zusammengeknüpft wurde. Dadurch wurde ein den genannten Hohlvenen zunächst gelegener Theil des Sinus, also

die rechte Hälfte desselben vom übrigen Herzen abgetrennt, so dass die übrige linke Hälfte mit den Vorhöfen und dem Ventrikel in Verbindung blieb. Es zeigte sich Folgendes:

1. Der abgeschnürte Sinustheil setzte seine Pulsationen ununterbrochen fort. Gleicherweise verharnte das links gelegene übrige Herz in seinen Contractionen, nur war die Frequenz der Contractionen beider um einige Schläge herabgesetzt.

2. Die Frequenz der Contractionen des abgeschnürten Sinustheiles und des übrigen Herzens war abwechselnd, so dass bald die ersteren bald die letzteren um wenige Schläge überwogen.

3. Reizten wir den rechten Vagus vermittelst eines Inductionsapparates, so blieb die Reizung desselben ohne Einwirkung auf die vorhandenen Contractionen.

4. Reizung des linken Vagus aber versetzte die links gelegenen Herztheile, die Vorhöfe mit dem anhängenden Sinustheil und den Ventrikel auf ungefähr 1 Min. in Ruhe, während der rechts gelegene abgeschnürte Sinustheil fortpulsierte.

Die nachfolgende anatomische Untersuchung lehrte:

5. Dass bei Anlegung derartiger Ligaturen das grosse Ganglion in seiner Totalität links von der Ligatur liegen bleibt.

6. Dass der rechte Herzast des Vagus mit in die Ligatur gefasst wird, woraus die Erfolglosigkeit der Reizung des rechten Vagus verständlich wird.

Pulsierte aber der abgeschnürte Sinustheil fort, ohne dass das grosse Ganglion die Contractionen desselben vermitteln konnte, so mussten die in den Wandungen des abgeschnürten Sinustheiles selbst enthaltenen Ganglienzellen die Anregung zu den Contractionen gegeben haben.

Es existiert also nicht, wie *Eckhard* annimmt, ein an einer bestimmten Stelle des Herzens gelegenes scharf umschriebenes Centralorgan für die rhythmischen Bewegungen, sondern es sind mehrere an verschiedenen Stellen des Herzens vorhanden. Die Thätigkeit dieser räumlich getrennten Centralorgane bringt, wenn

keine störenden Einflüsse stattfinden, eine einheitliche Wirkung hervor, welche sich darin äussert, dass die Contractionen aller Herztheile in gleichem Rhythmus erfolgen. Daraus müssen wir schliessen, dass die Centralorgane unter einander in Verbindung stehen. Trennt man diese Verbindung, wie wir solches durch eine Ligatur gethan, so pulsiren die von einander getrennten Herztheile in verschiedenem Rhythmus. Die einheitliche Wirkung der Centralorgane hört auf, während jedes einzelne Centrum die Herrschaft über die ihm zunächst untergeordneten Muskelbündel entweder sofort, oder nach einer Pause geltend macht.

Nach unserem Dafürhalten ist also nicht allein das grosse Ganglion, sondern müssen auch alle Ganglienzellen in der Scheidewand der Vorhöfe, in den Wandungen derselben und im Sinus als Centralorgane für die rhythmischen Bewegungen des Herzens angesehen werden.

Als Centralorgane erweisen sie sich ferner durch das Vermögen Reflexbewegungen zu vermitteln. Jeder örtliche Reiz an irgend einer Stelle der Vorhöfe und des Sinus ruft eine Reflexcontraction des ganzen Herzens hervor und es sind diese Ganglienzellen daher nicht nur mit automatischer, sondern auch mit reflectorischer Thätigkeit begabt.

Wenn aber nach einer Ligatur an der Sinusgrenze die unterhalb der Ligatur gelegenen Herztheile auf längere Zeit, selbst bis zu 22 Min. in Stillstand versetzt werden, so fragt es sich: „was ist die Ursache dieser constant eintretenden Pause?“

Die Antwort auf diese Frage ist von den Autoren verschieden gegeben worden.

Wenn *Stannius*²⁴⁾ sagt: „Einige Male ist es mir gelungen den gleichen Erfolg durch Abschneidung des Herzens an der genannten Stelle zu erzielen, doch vermochte ich nur zwei Mal dies Resultat zu beobachten. Die Quetschung beim Abschneiden muss die gleiche Wirkung wie die Unterbindung gehabt

24) Ibid. p. 87.

haben“, so geht daraus hervor, dass er den Herzstillstand nach der Ligatur auf die quetschende, mechanisch reizende Einwirkung derselben bezogen haben will.

Heidenhain spricht sich, *Stannius* zustimmend, mit der grössten Bestimmtheit dahin aus, dass der Herzstillstand nach einer Ligatur an der Sinusgrenze auf einen mechanischen Reiz zu beziehen ist, welchen die Ligatur auf die Endverbreitung des Vagus im Herzen ausübt.

Gegen diese Auffassungsweise lassen sich die begründetsten Bedenken erheben.

Nie bringt Umschnürung oder Durchschneidung des Vagusstammes einen Stillstand des Herzens hervor. Wie sollte eine Umschnürung der Vagusfasern am Herzen eine derartige Wirkung haben? Es ist nicht statthaft anzunehmen, dass in der Erregbarkeit der Vagusfasern in ihren Enden gegenüber ihrer Erregbarkeit im Stamme ein derartiger Unterschied besteht, dass derselbe Reiz, wenn er die Vagusfasern im Herzen trifft, einen bedeutenden Effect hervorruft, wenn er aber die Vagusfasern im Stamme trifft, gänzlich wirkungslos bleibt.

Heidenhain will seine Behauptung dadurch unterstützen, dass er einen Hemmungsapparat und Bewegungsapparat, welche von einander räumlich getrennt sind, im Herzen annimmt. Die hemmenden Kräfte seien vorwiegend im oberen Theile des Herzens, an der Sinusgrenze vertreten, die bewegenden Kräfte dagegen mehr gegen den Ventrikel hin. Durch die Ligatur an der Sinusgrenze werde der Hemmungsapparat getroffen und durch das örtliche Uebergewicht desselben über den daselbst gelegenen Bewegungsapparat sei Herzstillstand die nothwendige Folge dieser Reizung.

Gleicher Ansicht ist *Ludwig*²⁵⁾. Er sagt: „Die Ruhe sowohl wie die Zuckung des lebenden Herzens sind Folgen einer im Herzen stattfindenden Erregung; beide Erregungsarten sind

an räumlich getrennte Organe geknüpft, welche wahrscheinlich durch die Ganglienkörper dargestellt werden.“

Von der *Heidenhain*'schen Hypothese weicht *Bezold*²⁶⁾ darin ab, dass er die bewegenden Kräfte an den Sinus und in die Atrioventrikularganglien verlegt, die hemmenden aber in den Vorhöfen placirt. Die Reizung des Vagus unterstützt blos, sagt *Bezold*²⁷⁾, das hemmende Centralorgan in seiner Wirkung.

Diese Annahmen lassen sich aber nicht in Einklang bringen mit den im Nachfolgenden anzuführenden Resultaten von Anlegung einer Ligatur an der Atrioventriculargrenze.

Auch andere Bedenken erheben sich gegen diese Annahme; denn gesetzt es wäre, wie *Heidenhain* meint, an der Sinusgrenze ein Hemmungsapparat und ein Bewegungsapparat vorhanden, aber in dem Verhältniss, dass ersterer letzteren überwiegt, so müsste doch, wenn ein Reiz an der Sinusgrenze einwirkt, derselbe beide Apparate treffen und beide zu erhöhter Thätigkeit anregen. Aber weil der Reiz für beide ein gleicher ist, müsste das Verhältniss der bewegenden und hemmenden Kräfte zu einander dasselbe bleiben; es könnte hieraus nicht Herzstillstand resultiren. Nur wenn der Hemmungsapparat durch die Ligatur allein gereizt werden könnte, müsste Herzstillstand der unterhalb der Ligatur gelegenen Herztheile eintreten.

Sahen wir schon nach Umschnürung und Durchschneidung des Vagusstammes keinen Herzstillstand eintreten, und bezweifelten wir in Folge dessen die Richtigkeit der Ansicht *Heidenhain*'s, dass der Stillstand des Herzens abhängig zu denken sei von der reizenden Einwirkung der Ligatur auf die Vagusfasern, so macht die Dauer des nach dieser Ligatur eintretenden Herzstillstandes es uns unmöglich, diese Ansicht für die richtige zu halten.

Die stärkste galvanische Reizung des Vagus ist nicht im Stande, einen nur annähernd so lange andauernden Herzstill-

26) Ibid. p. 294.

27) Ibid. p. 308.

25) Lehrbuch der Physiologie des Menschen. 1861. Bd. II. p. 98.

stand hervorzurufen, wie die Anlegung einer Ligatur an der Sinusgrenze. Ich habe eine Pause in der Herzbewegung von 22 Min. beobachtet und *Heidenhain* hat die Pause bis auf 25 Min. sich ausdehnen gesehen.

Auch könnte nach der *Heidenhain'schen* Ansicht die grosse Mannigfaltigkeit bezüglich der Dauer des Herzstillstandes nicht erklärt werden; denn wäre die reizende Wirkung der Ligatur das den Herzstillstand bedingende Moment, so ist nicht einzusehen, warum ein gleicher Reiz, auf annähernd dieselbe Stelle applicirt, in seinen Erfolgen so grosse Schwankungen bieten könnte. In meinen Versuchen schwankte diese Dauer zwischen 2 und 22 Min.

Halten wir es somit für unzulässig, den Herzstillstand nach einer Ligatur an der Sinusgrenze von der mechanisch-reizenden Einwirkung der Ligatur abzuleiten, so kann es nur die trennende Wirkung derselben sein, welche den Herzstillstand bedingt.

Direct bewiesen würde diese Annahme dadurch, wenn Durchschneidungsversuche an genannter Stelle dasselbe Resultat gäben wie Ligaturen; und in der That haben einige von mir in dieser Weise angestellten Versuche dieselben Resultate gegeben, wie die an der Sinusgrenze angelegten Ligaturen.

Eckhard, *Bezold* und *Goltz* haben gleichfalls die Durchschneidungsversuche mit den Ligaturversuchen übereinstimmend gefunden.

Heidenhain meint aber, wenn nach einer Durchschneidung Stillstand des Herzens sich einstelle, so sei derselbe durch eine beim Scheerenschnitt stattgefundene Quetschung bedingt. Wäre dem also, so müsste nach Durchschneidung, oder auch nach einer Ligatur, wenn sie nur an einer Stelle des Herzens ausgeführt würde, wo der Hemmungsapparat im Uebergewicht vorhanden ist, Herzstillstand eintreten.

Wir fanden aber, wenn wir Durchschneidungen am Sinus selbst machten, wo nach *Heidenhain* die hemmenden Kräfte im

Uebergewicht vorhanden sein sollen, dass, trotz des hierdurch auf dieselben ausgeübten Reizes, dennoch die Vorhöfe und der Ventrikel nicht in Ruhe verfielen. In diesen Fällen war das grosse Ganglion mit den Vorhöfen und dem Ventrikel in Verbindung geblieben; und dies ist unserer Ansicht nach der Grund dafür, dass kein Stillstand eintrat.

Von diesem Umstande müssen auch die grossen Schwankungen in der Dauer des Herzstillstandes abgeleitet werden.

Durch anatomische Untersuchung wiesen wir nämlich nach, wie bald ein grösserer, bald ein kleinerer Theil von Ganglienzellen durch die Ligatur von den unterhalb der Ligatur gelegenen Herztheilen geschieden war; sind aber diese Zellen die Ursache der Herzcontractionen, so musste die Störung der letzteren im graden Verhältniss zur Menge der ausser Wirksamkeit gesetzten Zellen stehen.

Ist es nun einerseits gewiss, dass der Stillstand des Herzens nach Ligaturen an der Sinusgrenze die Folge der trennenden Wirkung der Ligatur ist, so ist andererseits unzweifelhaft, dass Umschnürung einer Stelle des Herzens mit einem Seidenfaden auf dasselbe auch als mechanischer Reiz einwirkt; nur ist der Herzstillstand nicht die Folge dieses mechanischen Reizes.

Wir beobachteten, dass nach Ligaturen an der Sinusgrenze dem Herzstillstande eine oder einige Contractionen vorhergingen; dieselbe Beobachtung haben auch *Heidenhain* und *Goltz* gemacht. Es fragt sich, worauf diese Contractionen zu beziehen sind.

Es liegt Nichts näher, als die durch die Ligatur bewirkte mechanische Reizung der Herzsubstanz als Ursache dieser Contractionen anzusehen.

Demnach erklären wir die Erscheinungen nach Ligaturen an der Sinusgrenze folgendermassen:

Zunächst wirkt die Ligatur als mechanischer Reiz und veranlasst das Herz zu einer oder einigen Contractionen; hier-

auf aber kommt die trennende Wirkung der Ligatur zur ausschliesslichen Geltung und bedingt, je nachdem mehr oder weniger Ganglienzellen von den unterhalb der Ligatur gelegenen Herztheilen abgetrennt wurden, einen längeren oder kürzeren Stillstand dieser Theile.

C. Ligaturen an der Atrioventrikulargrenze.

Eine Ligatur an der Atrioventrikulargrenze kann bei verschiedenem Verhalten des Ventrikels und der Vorhöfe angelegt werden. Hiernach unterscheiden wir:

1. Ligaturen an der Atrioventrikulargrenze während des durch eine vorangegangene Ligatur an der Sinusgrenze hervorgerufenen Stillstandes der Vorhöfe und des Ventrikels.

2. Ligaturen an der Atrioventrikulargrenze, nachdem die durch eine Ligatur an der Sinusgrenze erzeugte Pause der Vorhöfe und des Ventrikels aufgehört hat, und die Contractionen derselben, aber mit sehr herabgesetzter Frequenz und Energie, sich wieder eingestellt haben.

3. Ligaturen an der Atrioventrikulargrenze, ohne dass vorher die Bewegung des blossgelegten Herzens irgendwie alterirt worden.

Ueber die Resultate der ersten Art der Ligatur an der Atrioventrikulargrenze äussert sich *Stannius*²⁸⁾ folgendermassen: „Legt man nach Anstellung des unter 1 (s. S. 17) beschriebenen Versuches, dessen Resultat Stillstand des ganzen Herzens ist, eine Ligatur um die Grenze zwischen Kammer und Vorhöfen, welche zugleich den bulbus arteriosus mit umschnürt, so zieht sich der Ventrikel rhythmisch lange Zeit hindurch zusammen, während die Vorhöfe in Ruhe verharren“.

*Bezold*²⁹⁾ hat nach Durchschneidung an der Atrioventrikulargrenze dieselben Erfolge beobachtet.

28) Ibid. p. 88.

29) Ibid. p. 292.

*Heidenhain*³⁰⁾ dagegen sagt: „Wenn man durch Umschnürung der Uebergangsstelle des Venensinus in den Vorhof die Herzthätigkeit sistirt hat, so beginnt dieselbe zwar bald wieder, doch hält sie nur verhältnissmässig kurze Zeit an, sehr viel kürzere Zeit, als das Herz eines getödteten Frosches fortschlägt. Noch auffallender ist es, dass die Ventrikelpulsationen, die man an dem ruhenden Herzen durch Anlegung der zweiten *Stannius*'schen Ligatur hervorrufen kann, an Dauer ausserordentlich beschränkt sind. Oft sieht man nach 10—12 Schlägen den Ventrikel seine Pulsationen einstellen, um sie nicht wieder zu beginnen“.

Die Erfolge meiner eigenen desfallsigen Versuche sind:

Nach einer Ligatur an der Atrioventrikulargrenze

| | in den einzelnen Experimenten | | | | | | |
|---|-------------------------------|----|----|----|----|----|---------|
| pulsirt der Ventrikel | 15 | 18 | 23 | 25 | 20 | 28 | 18 Mal. |
| Der Ventrikel verfällt in dauernde Ruhe | | | | | | | |
| nach | $\frac{1}{2}$ | 1 | 6 | 15 | 4 | 8 | 8 Min. |

Reizt man den in Ruhe versunkenen Ventrikel mit einer Nadelspitze, so contrahirt sich derselbe ein Mal.

Durchschneidungen an der Atrioventrikulargrenze haben denselben Erfolg wie Ligaturen.

Es versetzt also eine Ligatur an der Atrioventrikulargrenze, bei ruhendem Herzen, den Ventrikel in schnell aufeinanderfolgende Contractionen, deren Frequenz aber sehr bald abnimmt, bis der Ventrikel bald nach sehr kurzer Zeit ($\frac{1}{2}$ Min.), bald nach längerer Zeit (15 Min.), auf immer in Ruhe versinkt. Wahrscheinlich haben *Stannius* und *Goltz* ihre Beobachtungen zu kurze Zeit fortgesetzt, woher ihnen dieser schliessliche andauernde Stillstand entgangen ist.

Ligaturen, welche ich bei geringer Frequenz und Energie der Vorhof- und Ventrikelpulsationen an der Atrioventrikulargrenze anbrachte, ergaben folgende Resultate:

30) Ibid. p. 499.

in den einzeln. Experim.

| | | | | | |
|--|----|----|----|----|------|
| Betrug die Frequenz der Pulsationen der Vorhöfe und des Ventrikels | 3 | 5 | 6 | 4 | |
| so contrahirte sich der Ventrikel nach einer Ligatur an der Atrioventriculargrenze | 15 | 20 | 25 | 12 | Mal. |
| Dauernder Stillstand des Ventrikels trat ein nach . . | 3 | 1 | 10 | 12 | Min. |

Was die Erfolge nach Ligaturen an der Atrioventrikulargrenze, ohne vorhergegangene Ligatur an der Sinusgrenze, betrifft, so äussert sich *Stannius*³¹⁾ hierüber, wie folgt: „Wird einem kräftigen Frosche genau um die Querfurche des Herzens, also ganz hart um die Grenze des Ventrikels eine Ligatur gelegt, so bleiben beide von einander abgeschnürte Hälften des Herzens in rhythmischen Contractionen begriffen. Die Zusammenziehungen beider sind aber weder gleichzeitig noch gleichzählig; gewöhnlich kommen nämlich 2—3 Zusammenziehungen der Vorhöfe und der mit ihnen in ungestörter Communication stehenden Hohlvenen auf eine Contraction des Ventrikels.“

*Heidenhain*³²⁾ giebt an: „Bringt man die Ligatur hart an die Atrioventriculargrenze, so erfolgt meistentheils kein Stillstand der Ventrikelpulsationen, sondern nur eine Verminderung der Frequenz. Die Angabe von *Stannius*, dass nach der Einschnürung der gedachten Stelle 2—3 Vorhofscontractionen auf eine Ventrikelpulsation kommen, lässt es unentschieden, ob sich die Pulsfrequenz der Vorhöfe gegen die frühere Zahl vermehrt, oder die des Ventrikels vermindert. Es ist das Letztere der Fall.“

*Goltz*³³⁾ sagt: „Der Ventrikel schlägt gewöhnlich fort, zuerst schneller, dann langsamer als der Vorhof.“ Meine Versuche ergaben Folgendes:

Mach einer Ligatur an der Atrioventriculargrenze

31) Ibid. p. 87.

32) Ibid. p. 483.

33) Ibid. p. 195.

in den einzelnen Experimenten

| | | | | | | | | | |
|---|---|----|----|----|----|----|----|----|------|
| pulsirte der Ventrikel | 9 | 15 | 17 | 14 | 18 | 23 | 20 | 25 | Mal. |
| Stillstand des Ventrikels trat ein nach | 6 | 9 | 3 | 13 | 15 | 15 | 4 | 3 | Min. |

Nach einer örtlichen Reizung des ruhenden Ventrikels erfolgten eine oder einige Contractionen desselben.

Die Vorhöfe mit dem Sinus und den Hohlvenen änderten ihren Rhythmus nicht, sondern machten, wie vor Anlegung der Ligatur, 25—30 Schläge.

Es pulsiren also, nach einer Ligatur an der Atrioventriculargrenze zunächst Vorhöfe und Ventrikel in der Weise fort, dass die Contractionen des Ventrikels zwei bis dreimal langsamer erfolgen, als die der Vorhöfe, darauf rasch noch mehr sinken, bis nach 3—15 Min. dauernder Stillstand desselben eintritt.

Letzteres geben weder *Stannius*, noch *Heidenhain* und *Goltz* an, und es ist auch hier wahrscheinlich, dass ihnen durch zu zeitige Unterbrechung der Beobachtung der constante Eintritt des Herzstillstandes entgangen ist.

In Betreff der Atrioventricularganglien war anzunehmen, dass dieselben, vermöge ihrer Lage am oberen Rande des Ventrikels, unterhalb der Ligatur gelegen sein würden; die anatomische Untersuchung bestätigte dies stets vollkommen.

Wie aber deuten wir diese Erfolge der Ligaturen an der Atrioventriculargrenze? Wie sollen wir verstehen, dass bei einem ruhenden, oder mit sehr geringer Frequenz pulsirenden Ventrikel die Ligatur Contractionen hervorruft, oder die Herzaction beschleunigt, bei einem kräftig pulsirenden Ventrikel dagegen die Frequenz und Energie der Contractionen herabsetzt, bis schliesslich unter allen Umständen dauernde Ruhe eintritt.

Die Schwierigkeit einer befriedigenden Erklärung der nach Ligaturen an der Atrioventriculargrenze beobachteten That-sachen wird von allen Autoren hervorgehoben.

Die von mir gewonnenen Resultate bieten eine durchgehende Uebereinstimmung dar, mochte der Ventrikel bei Anlegung der Ligatur ruhen, mit sehr geringer Frequenz und Energie, oder mit gewöhnlicher Frequenz und Energie pulsiren, wie folgende Zusammenstellung lehrt.

Nach einer Ligatur an der Atrioventriculargrenze

| | bei ruhendem Ventrikel | | | | | | | bei Pulsation des Ventrikels mit geringer Freqz. u. Energie (3—6 Mal) | | | | bei Pulsationen des Ventrikels mit ungeschwächter Frequenz und Energie (25—30 Mal) | | | | | | | | |
|--|------------------------|----|----|----|----|----|----|---|----|----|----|--|----|----|----|----|----|----|----|------|
| pulsirte der Ventrikel | 15 | 18 | 23 | 28 | 20 | 28 | 18 | 15 | 20 | 25 | 12 | 9 | 15 | 17 | 14 | 18 | 23 | 20 | 25 | Mal. |
| Stillstand d. Ventrikels trat ein nach | $\frac{1}{2}$ | 1 | 6 | 15 | 4 | 8 | 8 | 3 | 1 | 10 | 12 | 6 | 9 | 3 | 13 | 15 | 15 | 4 | 3 | Min. |

Wir sehen, dass der constante schliessliche Effect Versetzung des Ventrikels in dauernde Ruhe ist. Dieser tritt nach durchschnittlich 7 Min. ein und lässt sich dadurch erklären, dass der Ventrikel, durch die trennende Wirkung der Ligatur, von allen von den Vorhöfen ausgehenden Impulsen zur Bewegung abgeschnitten ist.

Nur die Atrioventricularganglien, als unterhalb der Ligatur befindlich, könnten, wenn sie mit automatischer Thätigkeit ausgerüstet wären, ihren Einfluss auf den Ventrikel geltend machen. Da aber der Ventrikel nach durchschnittlich 7 Min. in dauernden Stillstand versinkt, so sind die Atrioventricularganglien allein für sich nicht im Stande rhythmische Bewegungen des Ventrikels zu unterhalten. Reflexcontractionen dagegen vermögen sie längere Zeit hindurch zu vermitteln, da jede örtliche Reizung auch des bereits zur Ruhe gebrachten Ventrikels eine Contraction desselben auslöst.

Ich komme hierdurch auf die im Früheren erwähnte Hypothese von *Heidenhain* und *Bezold* zurück, nach welcher die

bewegenden Kräfte in die Atrioventricularganglien verlegt werden. Dass solches nicht statthaft ist, geht eben daraus hervor, dass der Ventrikel nach durchschnittlich 7 Min., nach seiner Abschnürung vom übrigen Herzen, in dauernden Stillstand versetzt wird, obgleich sein Verhältniss zu den Atrioventricularganglien nicht gestört ist.

Wie wir aber nach Ligaturen an der Sinusgrenze die Beobachtung machten, dass dem eintretenden Stillstande eine oder einige Contractionen vorhergingen, in ähnlicher Weise sehen wir hier, nach Ligaturen an der Atrioventriculargrenze, dem Stillstande Contractionen vorhergehen, aber mit dem Unterschiede, dass die Zahl derselben eine grössere ist, indem der Ventrikel nur langsam, durchschnittlich in 7 Min., zu dauernder Ruhe gelangt.

Bei Ligaturen an der Sinusgrenze hielten wir uns für berechtigt den Stillstand auf die trennende Wirkung der Ligatur, die vorhergehenden Contractionen aber auf den durch die Ligatur ausgeübten Reiz zu beziehen.

Beachten wir, dass nicht alle Theile des Froschherzens in gleicher Weise gegen örtliche mechanische Reize empfindlich sind, sondern dass nach *Ludwig*³⁴⁾ der Ventrikel gegen derartige Reize am empfindlichsten ist, so könnten wir die nach einer Ligatur an der Atrioventriculargrenze beobachtete Reihe von Contractionen des Ventrikels auf die grössere Empfindlichkeit desselben beziehen.

Bezold und *Heidenhain* dagegen lassen die Contractionen abhängig sein von dem durch die Ligatur auf ein nervöses Bewegungscentrum ausgeübten Reiz. Hiernach jedoch müsste der Ventrikel fort pulsiren und dürfte nicht so bald in dauernde Ruhe versinken.

Wesentlich unterstützt wird unsere Annahme, dass die dem Stillstande des Ventrikels vorhergehenden Contractionen

34) Lehrbuch der Physiologie des Menschen. 1861. Bd. II. p. 97.

desselben auf einen durch die Ligatur ausgeübten Reiz zu beziehen sind, durch die von *Goltz* zum Zweck des Nachweises der trennenden Wirkung der Ligatur angestellten Versuche mit Entfernung der sowohl an der Sinusgrenze, als an der Atrio-ventriculargrenze angelegten Ligatur.

Weil aber ein in das Herzfleisch eingeschnürter Seidenfaden ohne besondere Vorkehrung nicht wohl ohne Insultation des Herzens entfernt werden konnte, so benutzte *Goltz* zur Schnürung und Lösung der Ligatur das Ligaturstäbchen von *Gräfe*.

Goltz beobachtete, wenn er nach einer Ligatur an der Atrioventriculargrenze, während der Contractionen des Ventrikels, die Ligatur entfernte, Folgendes. Er³⁵⁾ sagt: „Entferne ich nun die Ligatur, so bleibt der Ventrikel, welcher bis dahin ununterbrochen, wenn auch etwas verlangsamt, pulsirte plötzlich in der Diastole stillstehen.“

Durch Entfernung der Ligatur wurde der auf die Atrioventriculargrenze wirkende Reiz entfernt und die Contractionen hörten auf, ohne Zweifel weil sie eben von diesem Reize bedingt waren.

Die bei der Zuschnürung des Ligaturfadens vollzogene Trennung konnte durch Entfernung desselben selbstverständlich nicht aufgehoben werden, sondern verblieb. Demnach musste der Stillstand die Folge der trennenden Wirkung der Ligatur sein.

Es würde also nach einer Ligatur an der Atrioventriculargrenze sofort dauernder Stillstand eintreten, vermöge der trennenden Wirkung der Ligatur, wenn nicht durch den Reiz der Ligatur der Ventrikel zunächst zu Contractionen sollicitirt würde.

35) Ibid. p. 201.

III.

Ligaturen an den Hohlvenen.

Die in den Sinus des Froschherzens einmündenden drei Hohlvenen contrahiren sich in gleichem Rhythmus mit dem Herzen, nur gehen die Contractionen der Hohlvenen denen des Herzens ein wenig voraus, so dass eine Herzcontraction in der Weise abläuft, dass zunächst die Hohlvenen, dann der Sinus, die Vorhöfe, und zuletzt der Ventrikel sich zusammenziehen.

Beobachteten wir, dass nach einer Ligatur an der Sinusgrenze die unterhalb der Ligatur gelegenen Herztheile in Stillstand verfielen, nach einiger Zeit aber, wenn auch mit herabgesetzter Frequenz, wieder zu pulsiren begannen, dass ferner nach einer Ligatur am Sinus selbst die von einander getrennten Herztheile mit etwas verändertem Rhythmus ihre Pulsationen fortsetzten, so fragte es sich, ob die Hohlvenen, nach einer Trennung vom Herzen fort pulsiren würden, oder nicht. Die Frage ist also die: „Besitzen die Hohlvenen die Fähigkeit selbstständig zu pulsiren, oder empfangen sie die Anregung zu ihren Contractionen von den im Herzen gelegenen Ganglien?“

Die Trennung der Hohlvenen vom Herzen vollführte ich mittelst einer an der Einmündungsstelle der Hohlvenen in den Sinus angelegten Ligatur. Die Resultate waren folgende:

1. Nach einer Ligatur an der Einmündungsstelle der rechten und linken Hohlvene in den Sinus hörten constant die Pulsationen derselben sofort und dauernd auf.

2. Durch den verhinderten Abfluss des den Hohlvenen zufließenden Blutes wurden dieselben stark mit Blut gefüllt.

3. Nach einer Ligatur an der Einmündungsstelle der unteren Hohlvene in den Sinus pulsirte

| in den einzelnen Experimenten | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|----|---|---|---|---|----|----|----|---|---------------|------|
| die untere Hohlvene . . . | 0 | 0 | 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 23 | 21 | 25 | 0 | 0 | Mal. |
| Contraction. stellten sich ein nach | 1 | 5 | | 1 | 3 | 1 | 5 | | | | 8 | $\frac{1}{2}$ | Min. |

4. Die Frequenz der Pulsationen der unteren Hohlvene stand um 3—10 Schläge der des Herzens nach.

5. Die untere Hohlvene war gleichfalls stark mit Blut gefüllt.

6. Das Herz schlägt mit unverändertem Rhythmus fort.

Es verfallen also die oberen Hohlvenen nach einer Ligatur an der Einmündungsstelle derselben in den Sinus sofort in dauernde Ruhe; sie besitzen also keine selbstständige Pulsation. Die untere Hohlvene aber setzt entweder ihre Pulsationen mit etwas herabgesetzter Frequenz fort, oder hört in den meisten Fällen nur auf kurze Zeit auf zu pulsiren, indem sie nach durchschnittlich 3 Min. mit etwas herabgesetzter Frequenz ihre Contractionen wieder aufnimmt; sie besitzt also selbstständige Pulsation.

Diese Resultate stimmen durchaus nicht mit den von *Eckhard* beobachteten Erfolgen einer durch Durchschneidung der Hohlvenen an ihrer Einmündungsstelle in den Sinus vollzogenen Abtrennung derselben vom Herzen.

Eckhard ³⁶⁾ sagt: „Schneidet man nämlich dieselben (die oberen Hohlvenen) dicht vor ihrer Eintrittsstelle in den Hohlvenensinus durch, so stehen sie wohl momentan stille, fangen aber bald wieder an zu pulsiren. Untersucht man das pulsirende Stück microscopisch, so findet man darin Nerven und

Ganglien. Ob ein Gleiches für die untere Hohlvene gilt, ist mir nicht recht klar geworden.“

Dieser Gegensatz in den Resultaten meiner Ligaturversuche und der *Eckhard*'schen Durchschneidungsversuche an den Hohlvenen, obgleich in dem einem wie im anderen Falle eine Abtrennung der Hohlvenen vom Herzen stattfand, veranlasste mich zur Wiederholung der *Eckhard*'schen Versuche.

36) Ibid. p. 149.

IV.

Durchschneidungsversuche an den Hohlvenen.

Ich gewann folgende Resultate:

1. Nach Durchschneidung der linken Hohlvene

| in den einzelnen Experimenten | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------------|---|---|---|----|----|---|---|---------------|---|----|---|---|---|---|---|---|----------------|
| machte dieselbe . | 0 | 0 | 0 | 18 | 26 | 0 | 0 | 0 | 0 | 14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Contractionen. |
| Pulsationen stellten sich ein nach | 3 | 3 | | | | 3 | 3 | $\frac{1}{2}$ | | | 3 | 3 | | | | 2 | Min. |

2. Nach Durchschneidung der rechten Hohlvene

| in den einzelnen Experimenten | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|----|---|---|---|---|---|---|---|----|---|---|---|---|---|---|-----------------------------|
| machte dieselbe . | 0 | 16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Contractio- nen. Min. |
| Pulsationen stell- ten sich ein nach | | 2 | 2 | | | 2 | | | | 10 | 3 | | | | 2 | | |

3. Nach Durchschneidung der unteren Hohlvene

| in den einzelnen Experimenten | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|---|----------------|
| machte dieselbe . | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | Contractionen. |
| Pulsationen stellten sich ein nach | | | 2 | 3 | 3 | 6 | | | | 10 | | Min. |

4. Das Herz pulsirte meist mit unverändertem Rhythmus fort, selten fiel die Frequenz der Herzcontractionen um einige Schläge.

5. Bei Vergleichung der Frequenz der Hohlvenencontractionen mit der Frequenz der Herzcontractionen stellte es

sich heraus, dass erstere den letzteren um mehrere Schläge nachstanden. Die Contractionen der linken Hohlvene um 2—10, die der rechten Hohlvene um 3—8, die der unteren Hohlvene um 7—14 Schläge.

6. Die Hohlvenencontractionen unter einander verglichen ergaben keine Uebereinstimmung, sondern jede Hohlvene contrahirte sich mit besonderem Rhythmus, verschieden vom Rhythmus der Herzcontractionen und der beiden anderen Hohlvenen.

7. Durchschnitt ich einige der pulsirenden oberen Hohlvenen an ihrem Beginn, wo sie durch den Zusammenfluss der Vena jugularis und brachialis gebildet werden, so hörten die Pulsationen derselben auf. Durchschnitt ich die untere Hohlvene hart am Leberrande, so stellte sie gleichfalls ihre Contractionen ein.

8. Halbirtе ich einige vom Herzen abgetrennte pulsirende Hohlvenen durch einen abermaligen Querschnitt, so verfiel die zum Herzen gelegene Hälfte in Stillstand, die peripherische Hälfte pulsirte fort; durchschnitt ich nun noch die oberen Hohlvenen in ihrem Beginn und die untere Hohlvene am Leberrande, so dass ich jede Hohlvene in zwei in keiner Verbindung mit dem Herzen oder den Venen gebliebene Stücke getheilt hatte, so standen beide Hälften still.

Wurde eine Hohlvene durchschnitten, so ergoss sich zunächst meist alles Blut aus derselben; sie wurde blutleer und stand still. Das Lumen der Vene blieb aber nicht offen, sondern fiel zusammen. Allmählig trat von der Peripherie her wieder Blut in die Hohlvene, und nun begann dieselbe wieder zu pulsiren. Blieb die Hohlvene blutleer, so traten auch keine Contractionen ein. Wurde an demselben Frosche, an welchem eine Hohlvene getrennt worden war, auch die zweite und dritte Hohlvene durchschnitten, so begannen letztere meist nicht wieder zu pulsiren, weil sie in Folge des nach Durchschneidung der ersten Hohlvene stattgehabten Blutverlustes gewöhnlich blutleer blieben. Hieraus wird es erklärlich, warum ich, wie

aus den angegebenen Zahlen zu ersehen ist, in mehreren Fällen kein Eintreten von Pulsationen wahrnehmen konnte. Nur ein Paar Mal pulsirten an demselben Frosche alle drei Hohlvenen nach ihrer Durchschneidung.

Es ist also die Anwesenheit von Blut in den Hohlvenen eine Bedingung für die Pulsationen derselben. Das Gleiche gilt, nach *Ludwig*,³⁷⁾ für das Herz, für welches, wenn es erregbar sein soll, die Anwesenheit von sauerstoffhaltigem Blute nothwendig ist.

Daher hörten die Pulsationen der Hohlvenen auf, wenn sie in ihrem Beginn durchschnitten und dadurch blutleer wurden. Aus demselben Grunde stellte das, nach einer Halbierung der Hohlvenen, zum Herzen zu gelegene Stück derselben seine Pulsationen ein.

Aus den an den Hohlvenen ausgeführten Durchschneidungsversuchen kamen wir also zu dem Resultat, dass die Hohlvenen nach einer Durchschneidung derselben an der Einmündungsstelle in den Hohlvenensinus in den allermeisten Fällen zwar zunächst ihre Pulsationen einstellten, nach Verlauf von 2—3 Min. aber wieder zu pulsiren begannen. In Bezug auf die untere Hohlvene stimmen die Ligaturversuche hiermit überein.

Die Resultate unserer Durchschneidungsversuche berechtigten uns somit zur Behauptung, dass nicht nur die oberen Hohlvenen selbstständige Pulsationen besitzen, sondern dass auch die untere Hohlvene selbstständig zu pulsiren vermag, obgleich *Eckhard*³⁸⁾ von ihr sagt: „Ob ein Gleiches für die untere Hohlvene gilt, ist mir nicht recht klar geworden.“

Die widersprechenden Resultate der Ligaturversuche und der Durchschneidungsversuche in den oberen Hohlvenen waren auffallend. Der Widerspruch musste in irgend einem neben der

trennenden Wirkung der Ligatur sich einstellendem Umstande, welcher bei einer Durchschneidung wegfiel, begründet sein.

Auffallend war die sehr verschiedene Blutfülle der Hohlvenen nach einer Ligatur und nach einer Durchschneidung, indem nach ersterer die Hohlvenen strotzend mit Blut gefüllt waren, nach letzterer dagegen sehr wenig Blut führten.

Es war nun anzunehmen, dass durch den verhinderten Abfluss des Blutes und die dadurch bedingte starke Anfüllung der Hohlvenen der ihren Contractionen entgegenstehende Widerstand derartig gesteigert worden war, dass keine Zusammenziehung der Hohlvenen zu Stande kommen konnte. War diese Annahme richtig, so mussten nach Ligaturen, wenn man den abnormen Widerstand hob, gleichfalls Pulsationen der Hohlvenen auftreten.

Durch einen Einschnitt in die Hohlvenen, nachdem die Ligatur angelegt war, konnte ich diese starke Blutanfüllung und den dadurch bedingten abnormen Widerstand aufheben, und fand nun in der That, dass die Venen, gleichwie nach einer Durchschneidung, zu pulsiren begannen. Für die untere Hohlvene, welche nach einer Ligatur ihre Pulsationen entweder gar nicht, oder nur auf kurze Zeit einstellte, musste die Blutanfüllung aber nicht so bedeutend gewesen sein, dass sie die Zusammenziehungen derselben aufheben konnte, vielleicht weil in die nahe benachbarte Leber oder andere parenchymatöse Organe des Unterleibs der Ueberfluss des Blutes sich entleeren konnte, wodurch die Stauung vermindert wurde.

Nach einer Abtrennung der Hohlvenen vom Herzen, mochte dieselbe durch eine Durchschneidung, oder Ligatur mit nachfolgendem Einschnitt bewirkt werden, stellten die Hohlvenen ihre Pulsationen nur auf kurze Zeit ein, worauf sie mit mehr weniger herabgesetzter Frequenz wieder zu pulsiren begannen. Es fragt sich nun, wo die Centralorgane gelegen sind, von denen die Hohlvenen die Anregung zu ihren selbstständigen Pulsationen erhalten.

37) Lehrbuch der Physiologie des Menschen. 1861. Bd. II. p. 90.

38) Ibid. p. 149.

In Analogie mit dem Herzen war es wahrscheinlich, dass die Centralorgane, von welchen die Impulse zu den Contractionen der Hohlvenen ausgingen, als Ganglien in denselben selbst gelegen sein würden.

Eckhard fand diese Voraussetzung bestätigt. Er ³⁹⁾ sagt: „Untersucht man das pulsirende Stück microscopisch, so findet man darin Nerven und Ganglien.“ Weiterhin giebt er an, dass er durch Untersuchung der Herzäste des Vagus sich davon überzeugt habe, dass an denselben sich sowohl Ganglienzellen finden, als auch Zweige zu den Hohlvenen treten.

In zahlreichen von uns untersuchten Präparaten der pulsirenden Hohlvenen, die mit den anliegenden und bei der Durchschneidung der Hohlvenen stets mit durchschnittenen rami cardiaci der Vagi herausgenommen waren, haben wir an denselben weder Ganglienzellen noch Nerven wahrnehmen können. Häufig freilich, ja gewöhnlich, fanden wir ausser den rami cardiaci zahlreiche, oft starke Nerven, die aber nicht mit den ramis cardiacis in Verbindung standen, und deren Aeste zwar mehrfach über die Hohlvenen hingingen, aber nicht in die Wand derselben eintraten. Ohne Zweifel gehörten diese Nerven zu der Umgebung der Hohlvenen, den ausserhalb des Peritoneums oder Pericardiums liegenden Geweben, nicht aber zu den Hohlvenen selbst.

Was die Herzäste des Vagus betrifft, so haben zahlreiche Präparate und deren microscopische Untersuchung uns Folgendes gelehrt: An ihrem Ende, kurz vor der Einsenkungsstelle in das Herz, konnten wir an denselben ganz regelmässig Ganglienzellen wahrnehmen. An dieser Stelle gaben dieselben auch mehrere Aeste ab, welche wir jedoch nur zum Sinus, nicht zu den Hohlvenen, sich begeben sahen, und die deutliche Ganglienzellen besaßen. Nur in wenigen Fällen dagegen fanden wir spärliche Ganglienzellen an derjenigen Strecke der rami car-

39) Ibid. p. 149.

diaci, wo sie den Hohlvenen selbst dicht anliegen. Nervenfasern konnten wir von solchen Stellen zu den Hohlvenen nicht abgehen sehen, vielleicht weil sie wegen ihrer äussersten Kürze der Beobachtung entgingen. Auch ist daran zu erinnern, dass manche an den ramis cardiacis sich findende Ganglienzellen, wenn sie an der unteren Seite derselben, oder zwischen den Nervenfasern liegen, der Wahrnehmung leicht entgehen konnten. Doch berechtigt der in einigen Fällen ganz unzweideutige Nachweis von Ganglienzellen an den den Hohlvenen dicht anliegenden Herzästen des Vagus zu der Annahme, dass eben sie die Centralorgane für die selbstständigen Pulsationen der Hohlvenen abgeben.

Waren aber die selbstständigen Pulsationen der oberen Hohlvenen angeregt von diesen Ganglienzellen, so fragte es sich, ob Reizung der Vagi auf sie denselben Einfluss ausüben werde, wie auf das Herz.

Um mich hiervon zu überzeugen, reizte ich nach Blosslegung des Herzens die Vagi, wonach, wie bekannt, Herz und Hohlvenen im Zustande der Diastole stille standen. Durchschnitt ich nun eine Hohlvene, mit ihr den entsprechenden ramus cardiacus, und begann dieselbe nach einer kurzen Pause wieder zu pulsiren, so reizte ich den entsprechenden Vagus; jedoch verfiel die Hohlvene, getrennt vom Herzen, nicht in Stillstand, sondern pulsirte unverändert fort. Diese Versuche stellte ich an beiden oberen Hohlvenen an, und immer mit demselben Erfolge.

Die selbstständigen Pulsationen der oberen Hohlvenen, nach Abtrennung derselben vom Herzen, werden somit durch Reizung der Vagi nicht sistirt.

Weil der Vagus also nur mittelbar durch das Herz auf die Hohlvenen einwirken kann, so ist anzunehmen, dass die Centralorgane des Herzens nicht nur unter einander, sondern auch mit den Centralorganen der Hohlvenen in Verbindung stehen, und dass namentlich in den ramis cardiacis nicht bloss

Nervenfasern zum Herzen, sondern auch vom Herzen zu den Centren der Venenpulsationen sich begeben. Der microscopische Nachweis dieses Verhältnisses ist freilich erst von künftigen Untersuchungen zu erwarten. Uebrigens erfordert auch schon der gleiche Rhythmus in den Contractionen des Herzens und der Hohlvenen, bei ungestörtem Zusammenhange beider, die Annahme einer Verbindung zwischen den bezüglichen Bewegungscentren. Ueber das Nervencentrum für die Pulsationen der unteren Hohlvene habe ich bisher keine Sicherheit gewinnen können, und enthalte mich daher jedes näheren Eingehens auf diese Frage.



Theses.



1. Omnes cellulae gangliosae ad cordis ranae atria sinumque sitae et actione automatica et facultate stimulos reflectendi instructae sunt.
2. Venarum cavarum in ranis pulsatio a corde non pendet.
3. In curanda syphilide externus hydrargyri usus interno praeferendus est.
4. Plerisque in morbis rationes diaeteticae omnium primum rite sunt moderandae.
5. Ad febris gradum certo definiendum thermometria unicum est subsidium.
6. Spirometria in tuberculosi dignoscenda minimi est momenti.

